

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

28. 5. 2004

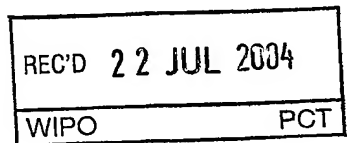
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 7月30日

出願番号  
Application Number: 特願2003-204074  
[ST. 10/C]: [JP 2003-204074]

出願人  
Applicant(s): 株式会社村田製作所

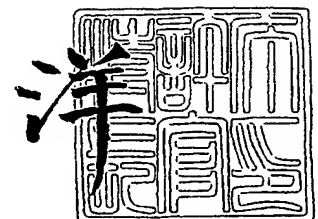


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願

【整理番号】 20030314

【提出日】 平成15年 7月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01P 15/09

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号  
株式会社村田製作所内

【氏名】 山下 宗治

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100084548

【弁理士】

【氏名又は名称】 小森 久夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013550

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004875

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 力学量センサ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 力学量によって加わる応力が互いに逆である 2 つの圧電振動子と、該 2 つの圧電振動子に対して共通に電圧信号を印加する電圧信号印加回路と、前記 2 つの圧電振動子に流れる電流信号をそれぞれ電圧信号に変換する電流電圧変換回路と、該電流電圧変換回路の出力信号同士の間相差を検出して力学量検出信号を出力する位相差信号処理回路とを設けてなる力学量センサにおいて、

前記 2 つの圧電振動子の電流経路に抵抗を接続し、

前記電圧信号印加回路を、

前記 2 つの圧電振動子に流れる電流の加算値に相当する加算信号を電圧増幅する電圧増幅回路と、

該電圧増幅回路から出力される電圧信号の振幅を所定値に制限する振幅制限回路と、

前記 2 つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号と前記加算信号との位相差を検出し、該位相差が所定値となるように前記帰還電圧信号の位相を制御する位相制御回路と、

前記帰還電圧信号の不要な周波数成分を抑圧するフィルタ回路と、  
から構成して、

前記圧電振動子と、前記電圧増幅回路と、前記振幅制限回路と、前記位相制御回路と、前記フィルタ回路とで発振動作させるようにした力学量センサ。

【請求項 2】 前記フィルタ回路を、前記発振周波数を通過帯域に含むローパスフィルタとし、

前記位相制御回路を、前記加算信号と前記帰還電圧信号との位相差を電圧信号に変換する位相差電圧変換回路と、

該位相差電圧変換回路の出力信号と基準信号とを比較する比較回路と、  
該比較回路の出力電圧によってインピーダンスが変化する電圧制御抵抗回路と、

該電圧制御抵抗回路のインピーダンスによって位相が変化するオールパスフィルタと、

から構成した請求項 1 に記載の力学量センサ。

【請求項 3】 前記位相制御回路は、前記帰還電圧信号と前記加算信号との位相差を力学量の検出感度が最大となるように位相制御する請求項 1 または 2 に記載の力学量センサ。

【請求項 4】 前記力学量は加速度である請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の力学量センサ。

【請求項 5】 前記力学量は角加速度である請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の力学量センサ。

【請求項 6】 前記力学量は角速度である請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の力学量センサ。

【請求項 7】 前記力学量は荷重である請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の力学量センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、加速度、角加速度、角速度、荷重等の力学量を検出する力学量センサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

圧電振動子を備えた加速度センサとして、本願出願人は特許文献 1 を出願している。

この加速度センサは、加速度によって加わる応力が互いに逆である 2 つの圧電振動子と、2 つのコンデンサを含む負荷インピーダンスでブリッジ回路を構成し、その平均出力間に分圧インピーダンス回路を設け、その分圧インピーダンス回路の分圧点の信号を帰還信号処理回路によって 2 つの圧電振動子の接続点に帰還させて発振回路を構成し、ブリッジ回路の平均出力間の発振出力位相差を検出して、これを加速度検出信号として出力するものである。

【0003】

しかし、上記特許文献 1 に記載の加速度センサにおいては、2 つの圧電振動子

と2つのコンデンサを含む負荷インピーダンスとでブリッジ回路を構成しているので、ブリッジが平衡状態にならないと発振出力位相差が0にならない。すなわち2つの圧電振動子に加わる応力が共に0であっても、加速度センサの出力が0にならない。また、位相シフト回路によって、加速度に対する感度を最良点に合わせるための制御が困難であるという課題があった。

さらに、圧電振動子と回路との間隔は10cm以上になる用途が想定されるため、原理的に、圧電振動子と回路間の距離をその程度に離しても問題が生じにくい検出方式が望まれていた。

#### 【0004】

そこで、本願出願人は、特願2002-326605にて上記課題を解決した力学量センサを出願している。その力学量センサは、力学量によって加わる応力が互いに逆である2つの圧電振動子と、該2つの圧電振動子に対して共通に電圧信号を印加する電圧信号印加回路と、前記2つの圧電振動子に流れる電流信号をそれぞれ電圧信号に変換する電流電圧変換回路と、該電流電圧変換回路の出力信号同士の間位相差を検出して力学量検出信号を出力する位相差信号処理回路とを備えている。

#### 【0005】

ここで、特願2002-326605で示した力学量センサの構成例を図9を基に説明する。

図9において、加速度検出素子10は、加速度によって加わる応力の方向が互いに逆である2つの圧電振動子 $S_a$ 、 $S_b$ からなる。この圧電振動子 $S_a$ 、 $S_b$ には直列に抵抗 $R_{La}$ 、 $R_{Lb}$ を接続している。電流電圧変換—信号加算回路11は、加速度検出素子10の2つの圧電振動子 $S_a$ 、 $S_b$ に流れる電流信号を電圧信号に変換して、 $S_a$ 信号および $S_b$ 信号を出力する。また、両信号の加算信号を出力する。

#### 【0006】

電圧増幅—振幅制限回路12は、上記加算信号を電圧増幅するとともに、その振幅制限を行い、加速度検出素子10に対して電圧信号 $V_{osc}$ を出力する。この電圧信号 $V_{osc}$ は、2つの圧電振動子 $S_a$ 、 $S_b$ の共通接続点に印加する。

## 【0007】

位相差電圧変換回路13は、電圧信号として変換されたS a 信号とS b 信号との位相差に比例した電圧信号を生成する。

増幅－フィルタ回路14は、位相差電圧変換回路13により変換された電圧信号を所定のゲインで増幅し、不要な周波数帯域の成分を除去して、加速度検出信号として出力する。

## 【0008】

図9の回路で、圧電振動子S a とS b の共振周波数を揃え、V o s c の周波数をS a とS b の共振周波数 $f_r(0)$ とし、圧電振動子S a、圧電振動子S bには、それぞれ圧縮（引っ張り）、引っ張り（圧縮）という具合に、逆相の応力が印加されると、増幅－フィルタ回路14から出力信号を取り出すことができる。

## 【0009】

V o s c は、圧電振動子S a、S b、電流電圧変換－信号加算回路11、および電圧増幅－振幅制限回路12の回路をループとする自励振発振系の帰還電圧信号である。

## 【0010】

## 【特許文献1】

特開 2002-243757 公報

## 【0011】

## 【発明が解決しようとする課題】

図9に示したように、圧電振動子S a、S b に対して直列に抵抗 $R_{La}$ 、 $R_{Lb}$ を接続しているので、ダンピング比が大きくなり、広い温度範囲に亘って加速度検出感度の変化率を小さくでき、環境温度に対して安定化できる。

## 【0012】

ここで上記圧電振動子に対して接続する抵抗の大きさと加速度検出感度（G感度）の温度特性変化率の関係を図10の（A）に示す。ここで横軸のダンピング比は、上記 $R_{La}=R_{Lb}=R_L$ とし、圧電振動子の共振周波数での抵抗値を共振抵抗としたときに、「ダンピング比= $R_L$ ／共振時の抵抗値」で求められる値である。縦軸は使用全温度範囲（ $-40^{\circ}\text{C}$ から $+85^{\circ}\text{C}$ ）での加速度検出感度の

変化率レンジ（最大値－最小値）である。このようにダンピング比を大きくするに従い、加速度検出感度変化率レンジが小さくなり、温度変化に対して安定になることが分かる。

#### 【0013】

ところが発明者の実験によれば、ダンピング比を2とした時には正常動作したが、ダンピング比を6にまで高めると異常発振して力学量センサとして正常に動作しないことが分かった。またその異常発振の原因は、ダンピング比を大きくすることによって所望発振周波数でのレスポンスが低下し、不要発振周波数でのレスポンスとの差が小さくなることであることも分かった。

#### 【0014】

ここで、図9に示した加速度検出素子10、電流電圧変換－信号加算回路11および電圧増幅－振幅制限回路12とによる自励発振回路のオープンループゲインの周波数特性を図10の(B)に示す。ここでSは所望発振周波数でのレスポンス、Nはそれより高い周波数で現れるゲインの高い不要発振周波数帯域でのレスポンスである。上記ダンピング比を大きくすると所望発振周波数でのレスポンスSのゲイン $G_s$ と不要周波数帯域でのレスポンスNの最大ゲイン $G_n$ との差が小さくなり、不要周波数帯でのレスポンスの影響を大きく受けて異常発振してしまう。

#### 【0015】

なお、上述の課題は、加速度を検出するセンサに限らず、角加速度、角速度、荷重等の力学量に応じて圧電振動子に流れる電流が変化するようにしたセンサに生じる共通の課題である。

#### 【0016】

そこで、この発明の目的は、上記異常発振の問題を回避して、より広い温度範囲に亘って安定した力学量検出感度を得られるようにした力学量センサを提供することにある。

#### 【0017】

##### 【課題を解決するための手段】

前述の不要周波数帯での信号強度を抑制するために前記自励発振回路の発振ル

ープ内に周波数フィルタを設けることが考えられる。しかし周波数フィルタは位相特性を備えているので、帰還信号の周波数変化に対する位相の変化率（位相傾斜）が急峻になる。しかも周波数フィルタの位相特性にはばらつきがあるので、単に周波数フィルタを挿入しただけでは、その周波数フィルタの位相特性のばらつきの影響を大きく受けて、検出感度のばらつきや検出感度の温度変化率が増大するといった新たな問題が生じる。

#### 【0018】

そこで、この発明は、力学量によって加わる応力が互いに逆である2つの圧電振動子と、該2つの圧電振動子に対して共通に電圧信号を印加する電圧信号印加回路と、2つの圧電振動子に流れる電流信号をそれぞれ電圧信号に変換する電流電圧変換回路と、該電流電圧変換回路の出力信号同士の間位相差を検出して力学量検出信号を出力する位相差信号処理回路とを設けてなる力学量センサにおいて、2つの圧電振動子の電流経路に抵抗を接続し、電圧信号印加回路を、2つの圧電振動子に流れる電流の加算値に相当する加算信号を電圧増幅する電圧増幅回路と、該電圧増幅回路から出力される電圧信号の振幅を所定値に制限する振幅制限回路と、2つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号と前記加算信号との位相差を検出し、該位相差が所定値となるように帰還電圧信号の位相を制御する位相制御回路と、帰還電圧信号の不要な周波数成分を抑圧するフィルタ回路とから構成して、圧電振動子と、電圧増幅回路と、振幅制限回路と、位相制御回路と、フィルタ回路とで発振動作させるようにしたことを特徴としている。

#### 【0019】

この構成により、2つの圧電振動子に対する帰還電圧信号の不要な周波数成分をフィルタ回路によって抑圧し、且つ位相制御回路によって、圧電振動子に対する帰還電圧信号と、2つの圧電振動子に流れる電流の加算値に相当する加算信号との位相差が所定値となるように帰還電圧信号の位相を制御するので、フィルタ回路の挿入によって位相傾斜が急峻になるのを防止して、検出感度のばらつきや温度変化率を小さく抑える。

#### 【0020】

また、この発明は、前記フィルタ回路を、発振周波数を通過帯域に含むローパ



スフィルタとし、位相制御回路を、加算信号と帰還電圧信号との位相差を電圧信号に変換する位相差電圧変換回路と、該位相差電圧変換回路の出力信号と基準信号とを比較する比較回路と、該比較回路の出力電圧によってインピーダンスが変化する電圧制御抵抗回路と、該電圧制御抵抗回路のインピーダンスによって位相が変化するオールパスフィルタとから構成したことを特徴としている。

#### 【0021】

このように位相制御回路にオールパスフィルタを設け、加算信号と帰還電圧信号との位相差を電圧信号に変換し、この電圧信号と基準信号との比較結果によってオールパスフィルタの位相を制御することによって、ゲインを一定としたまま位相制御を行って安定した発振を維持できるようにする。

また、この発明は、前記位相制御回路を、前記帰還電圧信号と前記加算信号との位相差を力学量の検出感度が最大となるように位相制御するものとする。

これにより、力学量の検出感度を最大とする。

#### 【0022】

また、この発明は、前記力学量を、たとえば加速度、角加速度、角速度、荷重とする。

#### 【0023】

##### 【発明の実施の形態】

まず、この発明の実施形態である加速度センサに備える圧電振動子の特性を図8を参照して説明する。図8において、(A)は、その図中に示した回路で、電圧源の周波数を変化させたときの電流の位相（すなわちアドミタンス位相）の変化を示している。また、実線は応力を印加していない状態、破線は応力を印加した状態である。図8の(B)は(A)における共振周波数域の拡大図である。

#### 【0024】

図8において、位相が0[deg]になる周波数は、圧電振動子の共振周波数である。図8から明らかなように、応力印加により、共振周波数が $f_r(0)$ から $f_r(x)$ に変化することが分る。また、電圧源の周波数を $f_r(0)$ に固定しておく、と、位相は応力印加により $\phi(0)$ から $\phi(y)$ に変化することが分る。

次に、第1の実施形態に係る加速度センサの構成を図1～図6を参照して説明

する。

図1は加速度センサ全体の構成を示すブロック図である。ここで加速度検出素子10は加速度によって加わる応力の方向が互いに逆である2つの圧電振動子 $S_a$ 、 $S_b$ からなる。電流電圧変換—信号加算回路11は、加速度検出素子10の2つの圧電振動子 $S_a$ 、 $S_b$ に流れる電流信号を電圧信号に変換して、 $S_a$ 信号および $S_b$ 信号を出力する。また、両信号の加算信号を出力する。

#### 【0025】

電圧増幅—振幅制限回路12は、上記加算信号を電圧増幅するとともに、その振幅制限を行う。

位相制御回路20は電圧増幅—振幅制限回路12の出力信号の位相を制御する。フィルタ回路17は位相制御回路20の出力信号に対して所定の遮断周波数より高域の信号を減衰させる。

#### 【0026】

このフィルタ回路17の出力信号 $V_{osc}$ が加速度検出素子10に対して帰還される。すなわち、圧電振動子 $S_a$ 、 $S_b$ 、電流電圧変換—信号加算回路11、電圧増幅—振幅制限回路12、位相制御回路20およびフィルタ回路17によるループが自励振発振系を構成していて、帰還電圧信号 $V_{osc}$ は、2つの圧電振動子 $S_a$ 、 $S_b$ の共通接続点に印加される。

#### 【0027】

上記位相制御回路20は位相差電圧変換回路15と位相シフト回路16とから構成している。位相差電圧変換回路15は電流電圧変換—信号加算回路11からの加算信号とフィルタ回路17の出力信号である帰還電圧信号 $V_{osc}$ との位相差に応じた電圧信号を発生する。位相シフト回路16は位相差電圧変換回路15から出力された電圧信号に応じた位相シフト量だけ電圧増幅—振幅制限回路12の出力信号を位相シフトさせてフィルタ回路17へ出力する。

#### 【0028】

上記フィルタ回路17は図10の(B)に示した不要周波数帯域の周波数成分を抑圧するように、所望の発振周波数(圧電振動子の共振周波数 $f_r$ )付近を遮断周波数としてこの所望発振周波数より高域側を減衰させる。その結果、図10

の (B) に示した不要周波数帯での最大ゲイン  $G_n$  を低下させて、所望発振周波数  $f_r$  でのゲイン  $G_s$  と  $G_n$  との差を大きくすることができる。

#### 【0029】

なお、フィルタ回路 17 によってその入出力信号の位相が変化するが、位相制御回路 20 が 2 つの圧電振動子  $S_a$ 、 $S_b$  に流れる電流の加算値に相当する加算信号とその 2 つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号  $V_{osc}$  との位相差が常に所定値となるように位相制御するので、フィルタ回路 17 による位相変化分は打ち消される。その結果、抵抗  $R_{La}$ 、 $R_{Lb}$  の値を大きくしてダンピング比を大きくしても上記自励発振系を安定して発振させることができる。

#### 【0030】

位相差電圧変換回路 13 は、この発明に係る「位相差信号処理回路」に相当する回路であり、電圧信号として変換された  $S_a$  信号と  $S_b$  信号との位相差に比例した電圧信号を生成する。

#### 【0031】

増幅—フィルタ回路 14 は、位相差電圧変換回路 13 により変換された電圧信号を所定のゲインで増幅し、不要な周波数帯域の成分を除去して、加速度検出信号として出力する。

#### 【0032】

図 1 の回路で、圧電振動子  $S_a$  と  $S_b$  の共振周波数を揃え、 $V_{osc}$  の周波数を  $S_a$  と  $S_b$  の共振周波数  $f_r(0)$  とすることによって、圧電振動子  $S_a$ 、圧電振動子  $S_b$  に、それぞれ逆相の応力が印加されたとき、その応力に略比例した電圧信号を増幅—フィルタ回路 14 から出力することができる。

#### 【0033】

$V_{osc}$  の周波数は、圧電振動子  $S_a$  と  $S_b$  の共振周波数に限らず、図 8 に示した周波数—位相特性が略直線と見なせる周波数に設定しておけば、加速度信号を検出することができる。最も加速度検出感度が高くなるのは、 $V_{osc}$  の周波数を圧電振動子  $S_a$ 、 $S_b$  の共振周波数に一致させたときであるが、実用的には、アドミタンス位相が  $\pm 45$  [deg] 以内となる周波数であれば良い。

#### 【0034】

また、圧電振動子  $S_a$  と  $S_b$  の共振周波数が揃っていない場合でも、 $V_{osc}$  の周波数が、圧電振動子  $S_a$  と  $S_b$  のアドミタンス位相が、 $\pm 45$  [deg] 以内となるようにすれば実用的な感度となる。好ましくは、 $V_{osc}$  の周波数が圧電振動子  $S_a$  の共振周波数と圧電振動子  $S_b$  の共振周波数の中間であれば良い。

#### 【0035】

圧電振動子  $S_a$ 、圧電振動子  $S_b$  には、それぞれ圧縮（引っ張り）、引っ張り（圧縮）という具合に、逆相の応力が印加されるので、圧電振動子  $S_a$  と  $S_b$  の特性変化が常に逆相となるため、加算すると打ち消し合い、電流電圧変換—信号加算回路 11 から出力される加算信号は、加速度印加によらず常に同じ特性となるので、加速度印加によって圧電振動子  $S_a$  と  $S_b$  の特性が変化しても、 $V_{osc}$  の周波数は変動しない。

#### 【0036】

なお、図 7 に示したように、圧電振動子の位相特性にはアドミタンス位相が、 $\pm 45$  [deg] 以内となる領域が 2 箇所（共振周波数域と反共振周波数域）存在するが、反共振周波数域では、圧電振動子のインピーダンスが高いため、電流電圧変換—信号加算回路 11 に流入する電流が少なくなることにより、ゲインが小さくなり発振しない。

#### 【0037】

これに対し、共振周波数域では、圧電振動子のインピーダンスが低いため、電流電圧変換—信号加算回路 11 に電流が多く流れ、ゲインが大きくなるので、安定に発振する。

#### 【0038】

共振周波数域では、圧電振動子のインピーダンスと電流電圧変換—信号加算回路 11 の入力インピーダンスが、双方とも低く、また、整合も取りやすいため、C/N 比を向上させることが容易である。

#### 【0039】

次に、図 1 に示した加速度センサの具体的な回路を図 2 に示す。まず電流電圧変換—信号加算回路 11 において、オペアンプ OP1 と帰還抵抗 R21 とで第 1 の電流電圧変換回路を構成し、オペアンプ OP2 と帰還抵抗 R22 とで第 2 の電

流電圧変換回路を構成している。さらに、オペアンプOP3と抵抗R23, R24, R25とによって加算回路を構成している。

#### 【0040】

図2に示したフィルタ回路17はオペアンプOP6、抵抗R51, R52、コンデンサC3, C4からなり、二次ローパスフィルタを構成している。すなわち遮断周波数より高い周波数帯域で、周波数が10倍高くなるごとに40dBの割合で利得が減衰する。

#### 【0041】

図3はこのフィルタ回路17による自励発振系のオープンループゲインの周波数特性を示している。図10の(B)に示した特性と比べれば明らかなように、不要周波数帯での最大ゲイン $G_n$ が大きく減衰して、所望発振周波数でのゲイン $G_s$ との差が十分に大きくなる。そのため、図1に示した抵抗RLa, RLbの値を大きくすることによってダンピング比を大きくしても異常発振を防止できる。

#### 【0042】

図2において、位相シフト回路16は比較回路161、基準電圧回路160およびオールパスフィルタ162とで構成している。比較回路161はオペアンプOP4、抵抗R30およびコンデンサC1からなり、基準電圧回路160の発生する基準電圧と位相差電圧変換回路15が出力する電圧との比較を行って、その電圧差を所定倍増幅した電圧信号を出力する。

オールパスフィルタ162は、全周波数帯域に亘ってゲインが一定で位相が0度から180度まで変化する特性を備えている。

#### 【0043】

図4は図1に示した位相制御回路20による効果を示している。加速度検出素子10の特性が含まれていると全体の位相特性が複雑に現れるので、ここでは加速度検出素子10を除いた回路でその特性を示している。位相制御回路20を設けない従来の回路では、Bで示すように周波数変化に対する位相変化の傾きが急であるが、位相制御回路20を設けることによって、フィルタ回路17を設けていない従来回路に比べても、Aで示すように所定の位相制御周波数帯域で、周波

数変化に対する位相変化の傾きが非常に小さく抑えられる。

#### 【0044】

発振周波数（圧電振動子の共振周波数  $f_r$ ）を中心とする所定周波数帯域を位相制御帯域とし、このように位相制御帯域で周波数変化に対する位相変化の傾きが小さいと、圧電振動子  $S_a$ 、 $S_b$  の共振周波数が製造要因などでばらついても、加速度検出感度のばらつきが小さく抑えられる。また、位相制御回路 20 を設けることによって、2つの圧電振動子に対する帰還電圧信号  $V_{osc}$  の位相を所定の位相に制御できるようになる。この実施形態では、その位相を 6 度に設定した。自励発振系のトータルの位相は 0 度であるので、加速度検出素子 10 の位相は -6 度となる。これは加速度検出素子 10 に流れる電流の位相がその印加電圧に対して -6 度となることを意味する。このポイントは、この実施形態で用いた加速度検出素子 10 の電流位相傾斜が最も直線的且つ急勾配になるポイントである。このようなポイントになるように位相を制御することによって、加速度検出感度が最大となり且つリニアリティも良くなるという効果が得られる。もちろん上述の「6 度」はこの実施形態で設定した値であり、加速度検出素子 10 の特性やセンサの目的に応じて適宜設定すればよい。

#### 【0045】

図 5 は温度変化による加速度検出感度の変化率の改善効果を示している。（A）はダンピング比を 2 としたときの加速度検出感度の温度変化による変化率を、また（B）はダンピング比を 6 とした時の加速度検出感度の温度変化による変化率を示している。これらの例は、いずれも 3 つのサンプルを用いて測定した。従来回路ではダンピング比を 6 としたとき異常発振して加速度センサとして機能しなくなったが、この実施形態ではダンピング比を 6 としても安定に動作するようになり、-40℃から-90℃の広い温度範囲に亘って加速度検出感度の変化率レンジを ±2% 以内に抑えることができた。

#### 【0046】

図 6 は位相制御回路 20 による出力ノイズ特性の改善効果について示している。ここで出力ノイズは図 1 に示した位相差電圧変換回路 13 の出力に表れるノイズ成分である。位相制御回路 20 を設けない従来回路では（A）に示すように、

ランダムな出力ノイズの振幅が大きいのに対し、位相制御回路 20 を備えたこの実施形態に係る加速度センサでは、表れる出力ノイズが約  $1/2$  に抑えられた。これは位相制御回路 20 によって加速度検出素子 10 に対する帰還電圧信号  $V_{osc}$  の位相が安定し、その結果発振が安定化したことに起因しているものと考えられる。このように出力ノイズ成分が小さくなるので、増幅—フィルタ回路 14 で出力ノイズ成分を抑圧するためのローパスフィルタの時定数を小さく設定できる。その結果、センサとしての応答性を高めることができる。

#### 【0047】

次に、第 2 の実施形態に係る加速度センサについて図 7 を基に説明する。

図 2 に示した構成と異なるのは、電流電圧変換—信号加算回路 11 の構成である。この第 2 の実施形態では、加速度検出素子 10 の圧電振動子  $S_a$ 、 $S_b$  に流れる電流  $I_a$ 、 $I_b$  が抵抗  $R_{La}$ 、 $R_{Lb}$  に流れた際に、その抵抗  $R_{La}$ 、 $R_{Lb}$  に生じる電圧を加算するものである。オペアンプ  $OP_1$ 、 $OP_2$  はそれぞれ入力インピーダンスが非常に高く、利得が 1 の電圧フォロア回路を構成していて、オペアンプ  $OP_3$  と抵抗  $R_{25}$ 、 $R_{26}$  は非反転増幅回路を構成している。更にこの非反転増幅回路と抵抗  $R_{23}$ 、 $R_{24}$  とによって加算回路を構成していて、オペアンプ  $OP_1$ 、 $OP_2$  の出力電圧の加算信号を得る。

#### 【0048】

また、図 2 では抵抗  $R_{La}$ 、 $R_{Lb}$  を加速度検出素子 10 に対して直列に接続したが、図 7 の例では抵抗  $R_{La}$ 、 $R_{Lb}$  をオペアンプ  $OP_1$ 、 $OP_2$  の入力と接地との間に接続している。

#### 【0049】

なお、第 1・第 2 の実施形態では、2 つの圧電振動子  $S_a$ 、 $S_b$  に加速度によって加わる応力差を検出する加速度センサについて示したが、その他の力学量によって圧電振動子  $S_a$ 、 $S_b$  に逆向きの応力が加わるように構成すれば、その力学量を検出するセンサが同様にして構成できる。たとえば、角加速度により 2 つの圧電振動子  $S_a$ 、 $S_b$  に応力差が発生するように構成すれば角加速度センサとして用いることができる。また、角速度により 2 つの圧電振動子  $S_a$ 、 $S_b$  に応力差が発生するように構成すれば角速度センサとして用いることができる。同様

に、荷重により 2 つの圧電振動子  $S_a$ 、 $S_b$  に応力差が発生するように構成すれば荷重センサとして用いることができる。

#### 【0050】

##### 【発明の効果】

この発明によれば、力学量によって加わる応力が互いに逆である 2 つの圧電振動子のそれぞれに抵抗を接続してダンピング比を大きくすることにより、加速度検出感度変化率レンジが小さくなって、温度変化に対して安定になる。しかも、2 つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号と 2 つの圧電振動子に流れる電流の加算信号との位相差が所定値に保たれ、且つ帰還電圧信号の不要な周波数成分が抑圧されるので、フィルタ回路を挿入したことによる位相傾斜の急峻化が防止されて、検出感度のばらつきや温度変化率が小さく抑えられる。さらに、位相制御によって加速度検出素子に対する帰還電圧信号の位相が安定し、発振動作が安定するので、力学量検出信号に含まれるノイズ成分が抑えられ、例えばそのノイズ成分を抑圧するためのローパスフィルタの時定数を小さく設定でき、その分応答性を高めることができる。

#### 【0051】

また、この発明によれば、前記帰還電圧信号の不要な周波数成分を抑圧するフィルタ回路を、発振周波数を通過帯域に含むローパスフィルタとし、2 つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号と 2 つの圧電振動子に流れる電流の加算信号との位相差を所定値に保つ位相制御回路にオールパスフィルタを設けたことにより、ゲインを一定としたまま位相制御を行うことができ、安定した発振を維持できるようになる。

#### 【0052】

また、この発明によれば、前記位相制御回路を、帰還電圧信号と加算信号との位相差を力学量の検出感度が最大となるように位相制御するようにしたので、常に最大感度の状態で力学量を検出できるようになる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 第 1 の実施形態に係る加速度センサの全体の構成を示すブロック図

【図 2】 同加速度センサの具体的な回路図



【図 3】 同加速度センサにおける自励発振系のオープンループゲインの周波数特性を示す図

【図 4】 位相制御回路を設けたことによる帰還電圧信号の位相安定性を示す図

【図 5】 温度変化による加速度検出感度の変化率の特性を示す図

【図 6】 位相制御回路による出力ノイズ特性の改善効果を示す図

【図 7】 第 2 の実施形態に係る加速度センサの構成を示す回路図

【図 8】 加速度センサに備える圧電振動子の特性を示す図

【図 9】 従来の加速度センサの全体の構成を示すブロック図

【図 1 0】 従来の加速度センサにおけるダンピング比と加速度検出感度の温度変化による変化率レンジおよび自励発振系のオープンループゲインの周波数特性を示す図

【符号の説明】

1 0 - 加速度検出素子

1 1 - 電流電圧変換—信号加算回路

1 2 - 電圧増幅—振幅制限回路

1 3 - 位相差電圧変換回路

1 4 - 増幅—フィルタ回路

1 5 - 位相差電圧変換回路

1 6 - 位相シフト回路

1 7 - フィルタ回路

2 0 - 位相制御回路

1 6 0 - 基準電圧回路

1 6 1 - 比較回路

1 6 2 - オールパスフィルタ

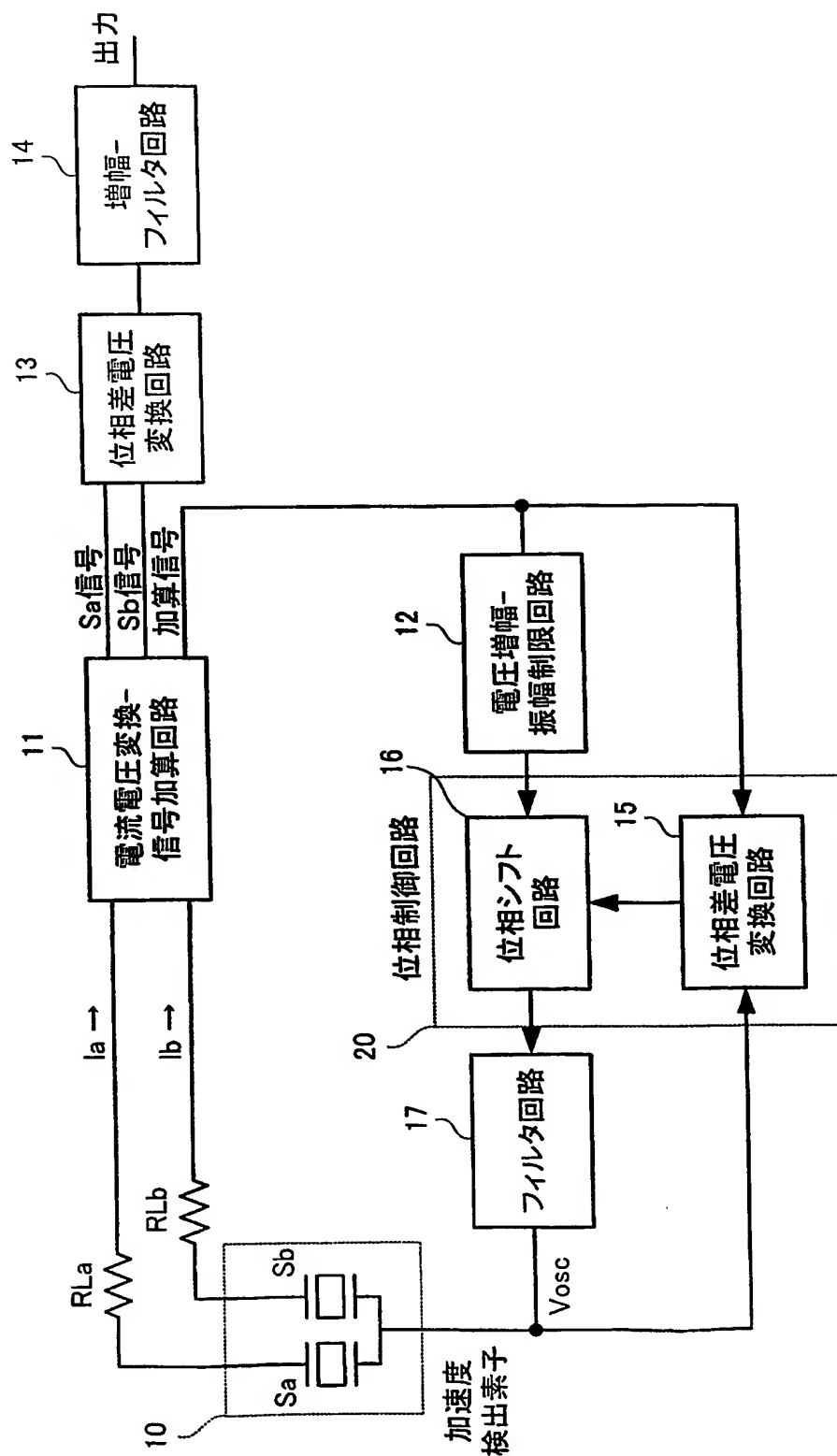
R L a, R L b - 抵抗

V o s c - 帰還電圧信号

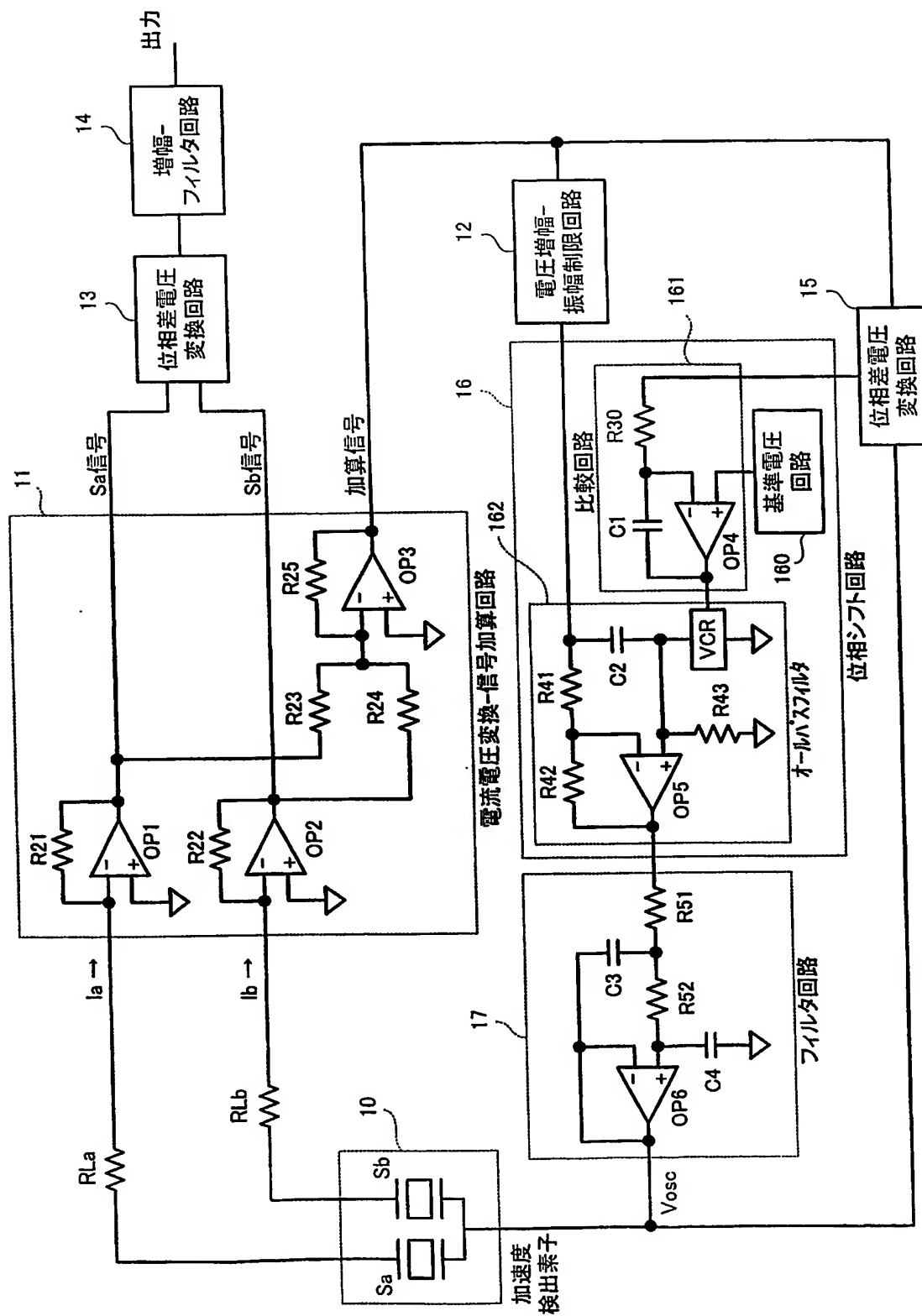
V C R - 電圧制御抵抗回路

【書類名】 凶面

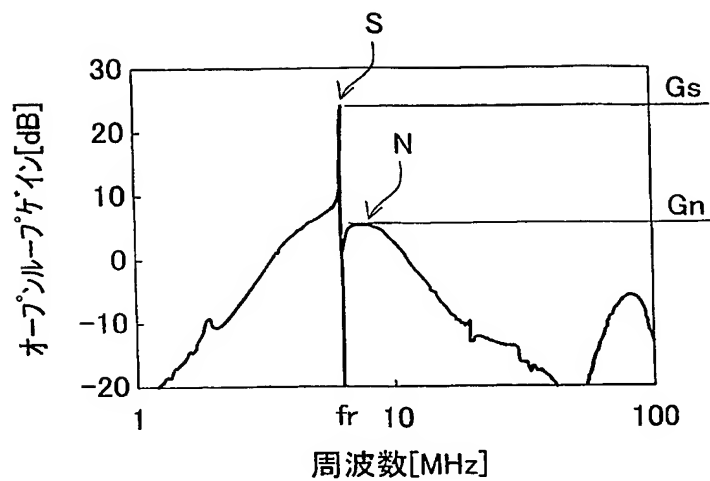
【図 1】



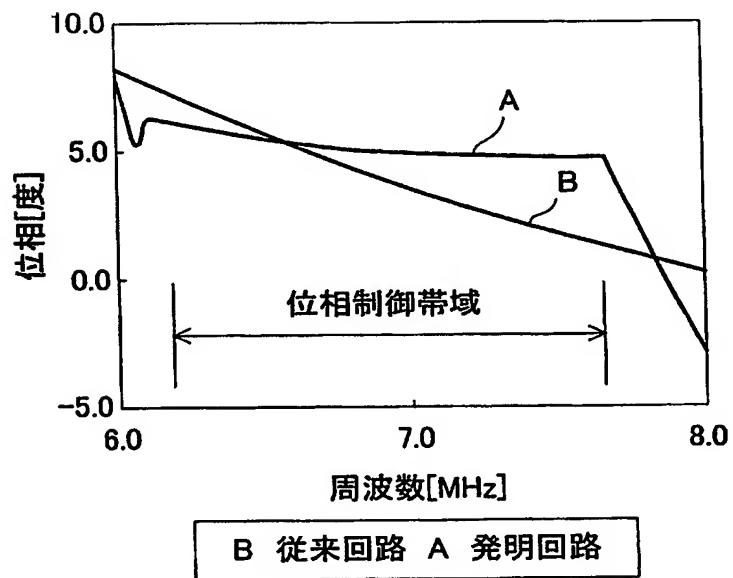
【図 2】



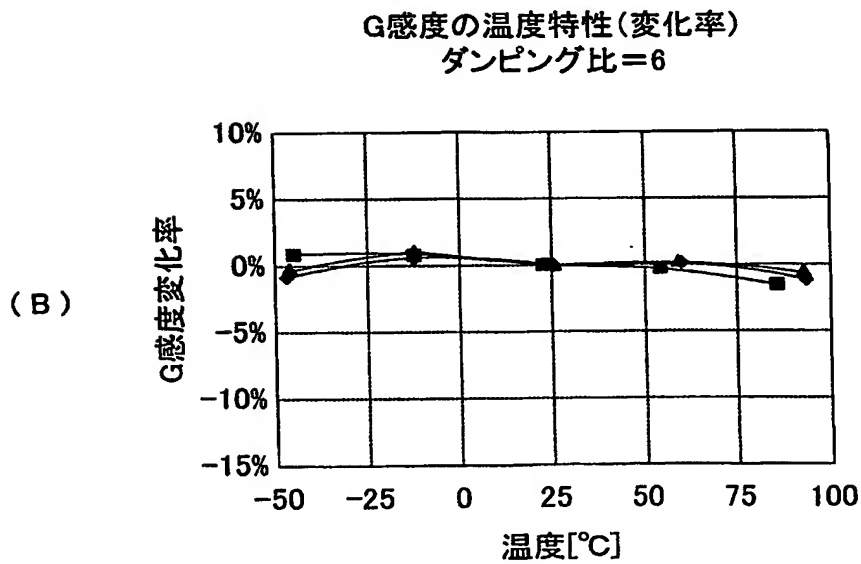
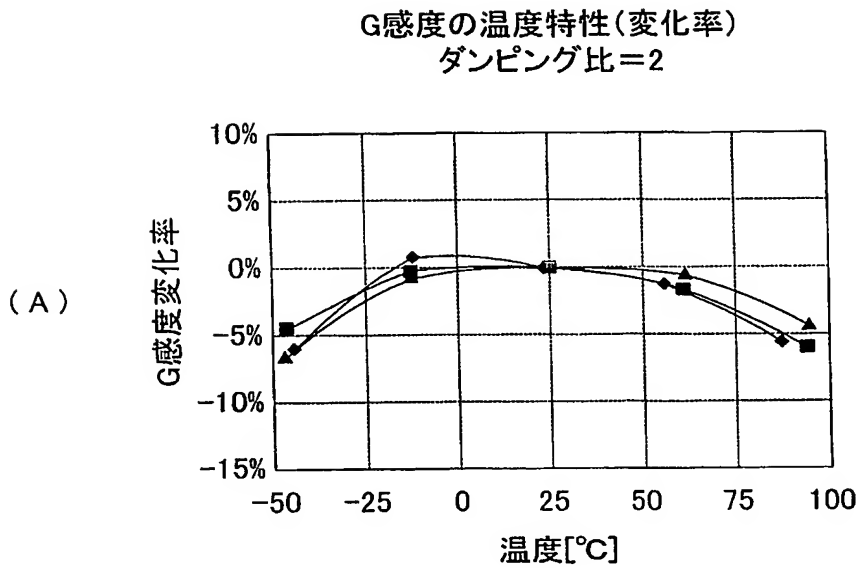
【図 3】



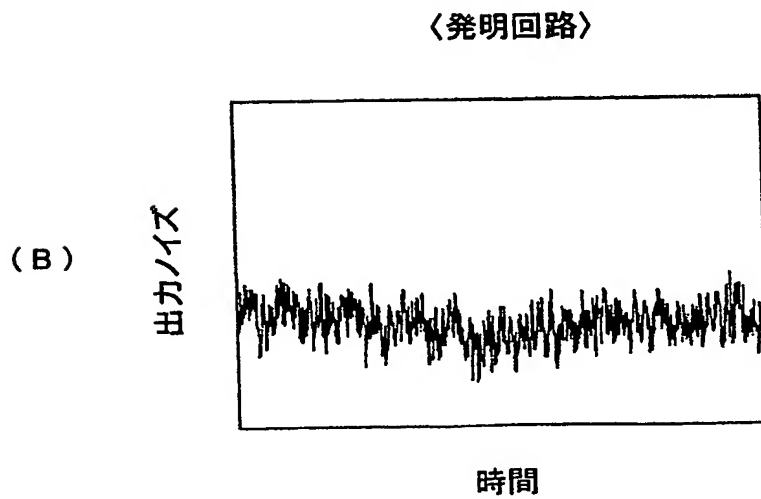
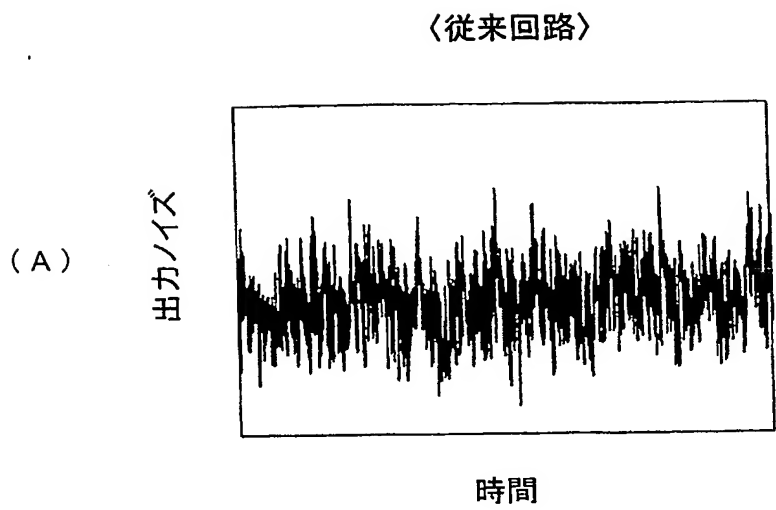
【図 4】



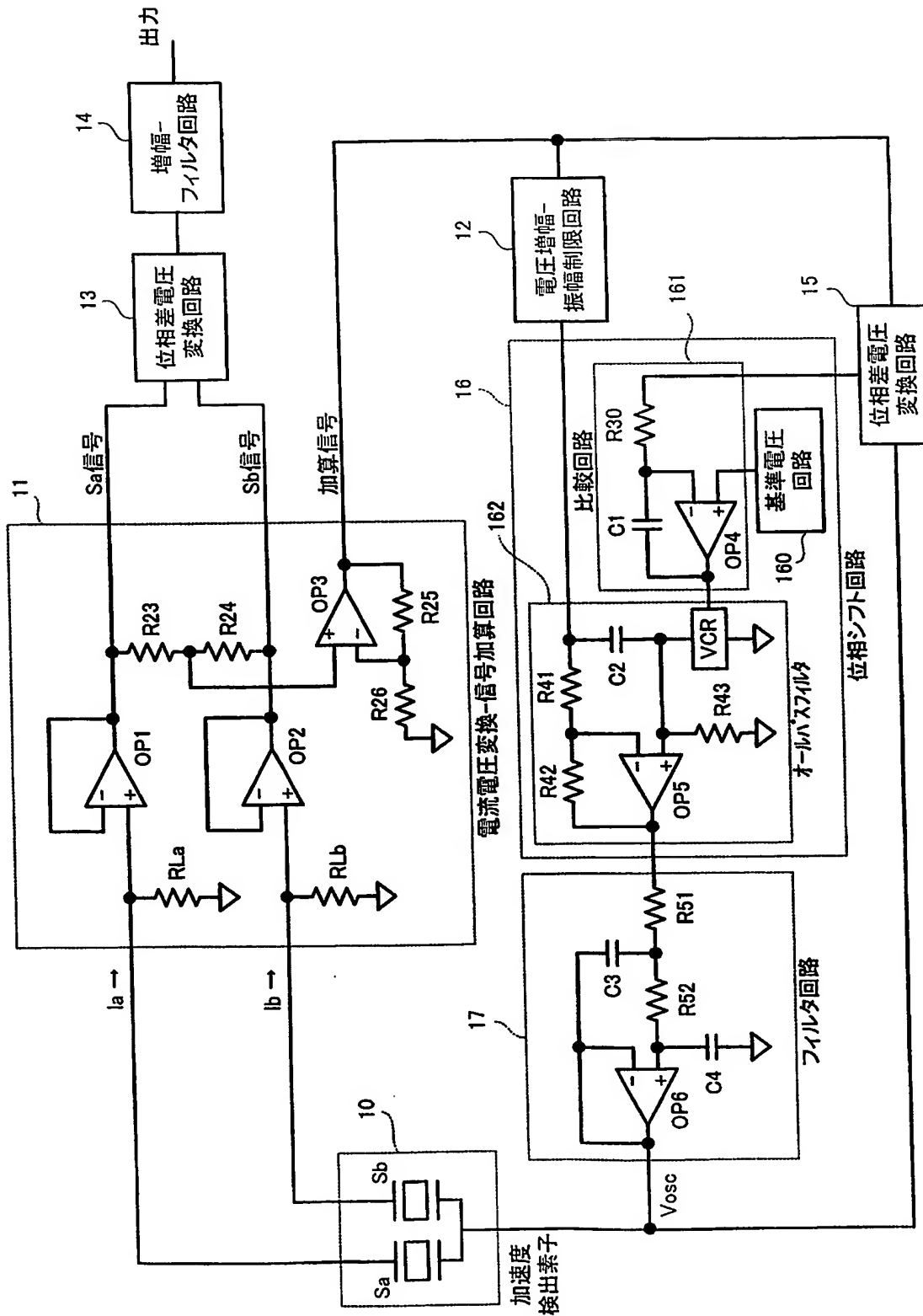
【図 5】



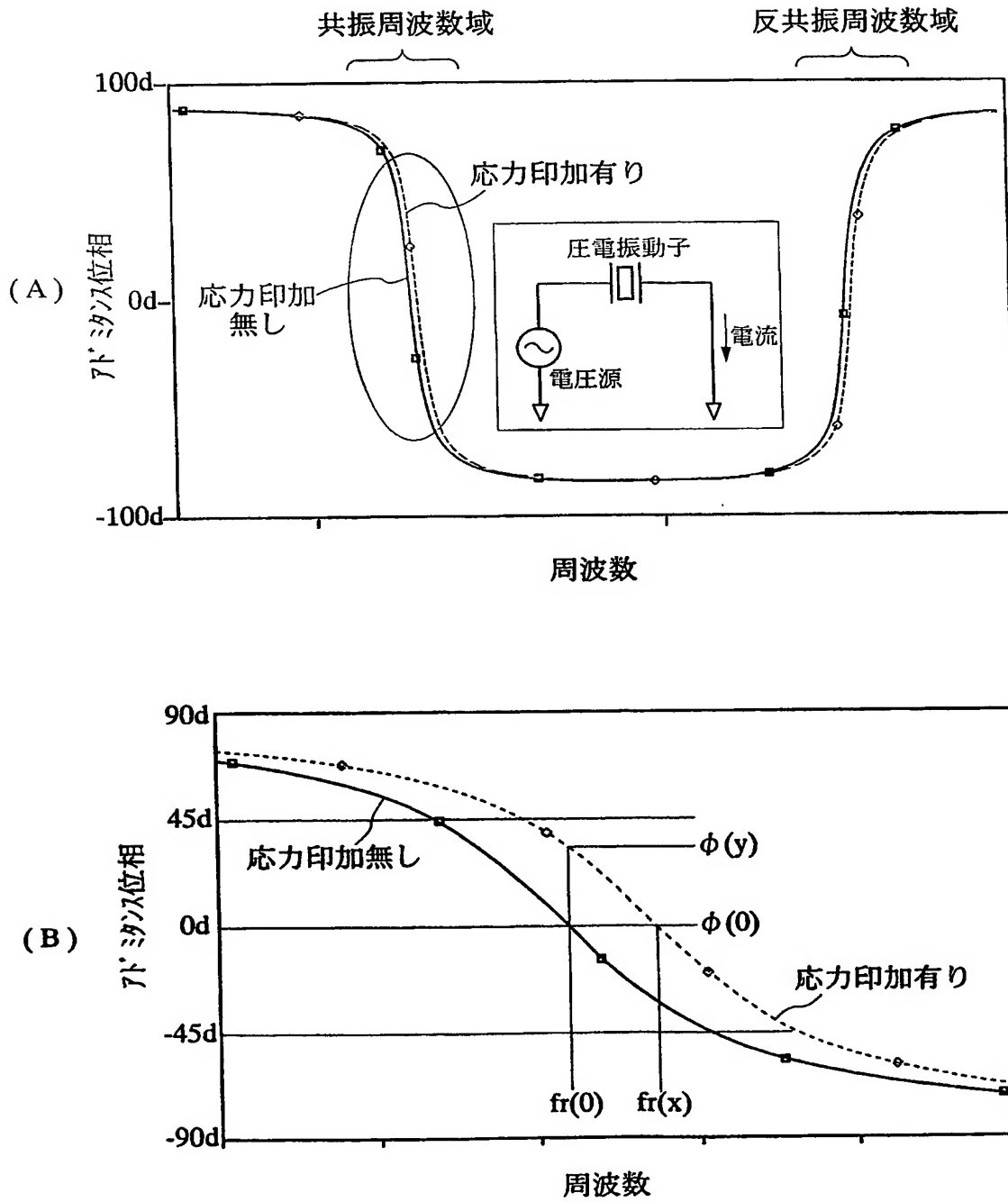
【図 6】



【図7】

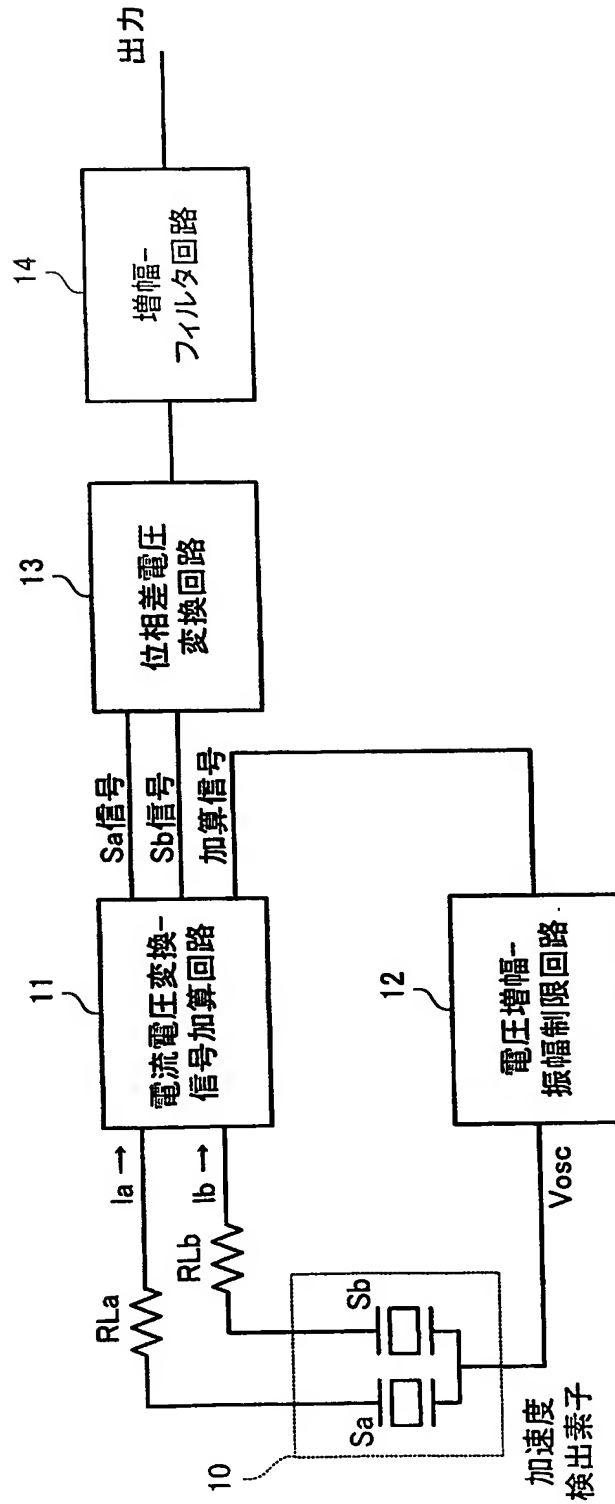


【図 8】

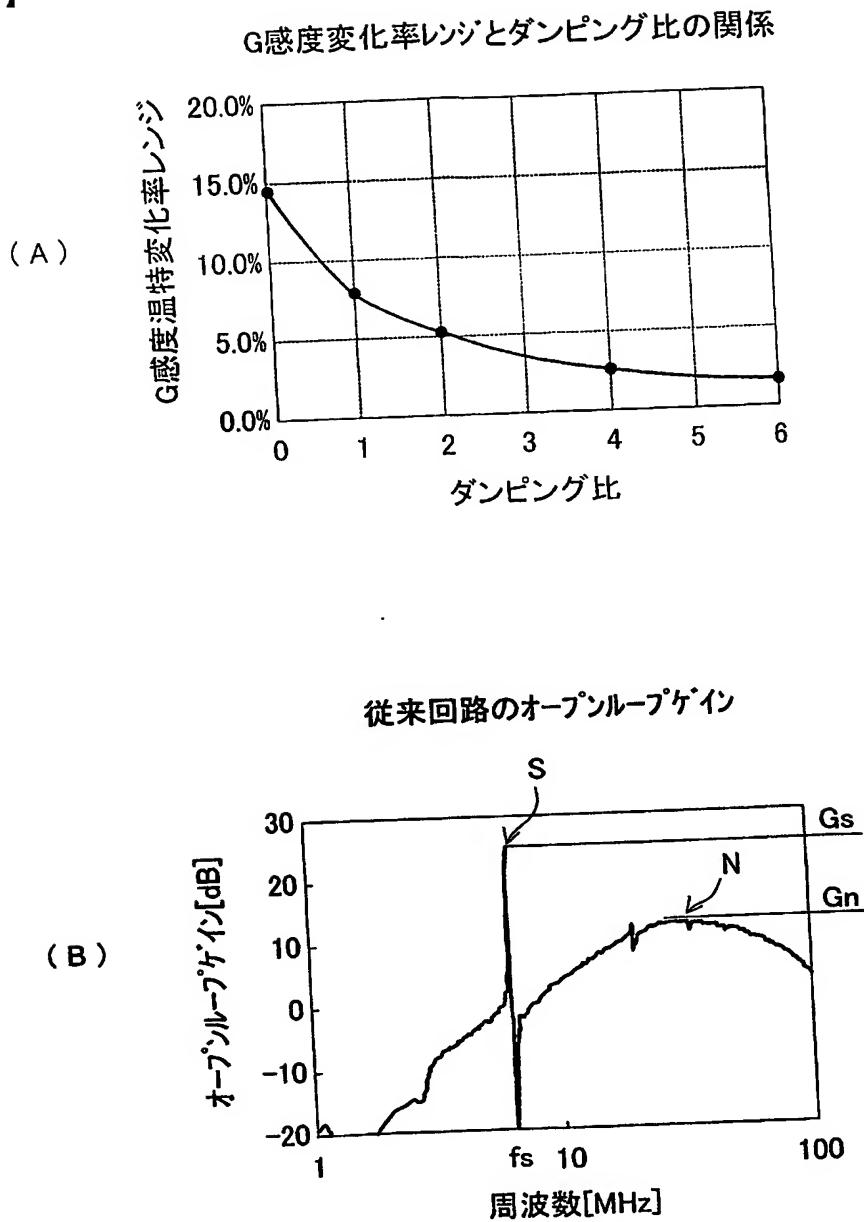




【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 温度安定性を高く且つ異常発振の問題を回避した力学量センサを構成する。

【解決手段】 2つの圧電振動子  $S_a$ ,  $S_b$  は、加速度等の力学量によって加わる応力が互いに逆となるように設ける。電流電圧変換—信号加算回路 11 は、2つの圧電振動子  $S_a$ ,  $S_b$  に流れる電流信号を電圧信号に変換する。電圧増幅—振幅制限回路 12 は、その2つの電圧信号の加算信号を増幅し、振幅を制限する。位相差電圧変換回路 15 は加算信号と加速度検出素子 10 へ与える帰還電圧信号  $V_{osc}$  との位相差を検出する。位相シフト回路 16 は、帰還電圧信号が所定の位相となるように位相制御する。フィルタ回路 17 は発振周波数より高域の不要周波数帯の周波数成分を抑圧する。

抵抗  $R_{La}$ ,  $R_{Lb}$  の抵抗値を大きくしてダンピング比を大きくすることによって温度安定性を高め、フィルタ回路 17 により異常発振を防止し、位相制御回路 20 により特性のばらつきを抑える。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 2 0 4 0 7 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 6 2 3 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号

氏 名

株式会社村田製作所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**